1,00

Al Balqa Applied University

جامعة البلقاء التطبيقية

Al Huson University College

كلية الحصن الجامعية

Chemical Engineering Department

قسم الهندسة الكيميائية

Unit 1 Operations Laboratory

مختبر عمليات موحدة ١

Prepared By

Eng. Ali M. Al Jarrah

2016

IBRAHIM A SALAMAT

جامعة البلقاء التطبيقية

كلية الحصن الجامعية

قسم الهندسة الكيميائية

مختبر عمليات موحدة ١

رقم التجربة (   )

اسم الطالب:

الرقم الجامعي:

موعد المختبر:

عنوان التجربة:

المحاضر:

مشرف المختبر

فهرس المحتويات

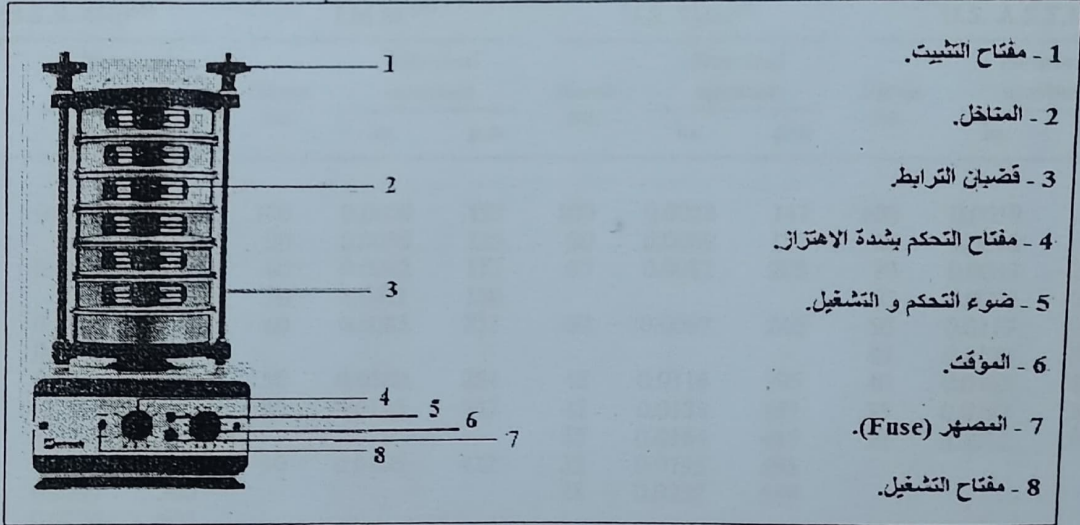
التجربة الأولى

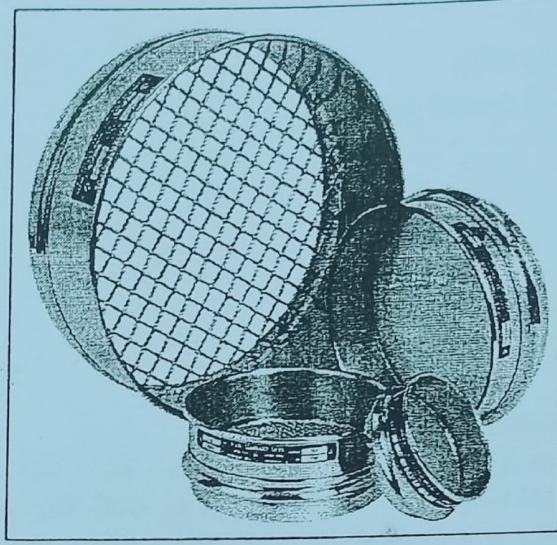
التـنـخـيـل
(Screening)

الهدف من التجربة

١- معرفة كيفية إجراء عملية التنخيل و الغاية منها و أنواع المناخل.
٢- معرفة كيفية تمثيل النتائج بالطرق المختلفة.

النظرية

يمثل التحليل الحجمي للعينات الصلبه او لنواتج الطحن جزءا أساسيا من الإجراءات المخبرية لتحديد نوعية الطحن، و في تعيين درجة تحرير المواد الغنية بالشوائب، و أيضا الحصول على معلومات كافية عن الحجم و التوزيع الحجمي للجسيمات في المادة. و من أكثر طرق التحليل الحجمي للجسيمات هي طريقة التنخيل (Screening)، التي تتم بإمرار وزن معلوم من العينة الصلبة خلال مناخل ناعمة مرتبة على التوالي مثبتة على هزاز آلي (كما في الشكل ١)، و وزن الكميات المتجمعة على كل منخل لتعيين النسبة المئوية الوزنية حيث تعتمد بشكل أساسي على حجم الحبيبات (Particles size)، و تجري عملية التنخيل بطريقتين: الجافة و الرطبة.

الشكل ١: هزاز المناخل الآلي (Vibrating Screen Shaker)

تتم عملية التنخيل باستخدام مناخل الاختبار (كما في الشكل ٢) المصنوعة من الأسلاك المحاكة، حيث يعبر عن حجم المنخل برقم الشبكة (Mesh Number) ، الذي يشير إلى عدد الفتحات المربعة في الانش الطولي الواحد. أكثر مجاميع المناخل شيوعا و انتشارا هي مقياس (ASTM) سلسلة تايلر الأمريكية (American Tyler series) السلسلة الفرنسية (A.F.N.O.R) و المقياس البريطاني (B.S.S. 410) في كل من السلاسل القياسية تكون لفتحات المناخل المتتالية علاقة ثابتة ببعضها البعض فمنها يكون مبنيا على $\sqrt{2}$ أو $\sqrt[4]{2}$ أو $\sqrt[10]{10}$ (أنظر إلى الجدول ١) .

الشكل ٢: مناخل الاختبار (Testing sieves)

جدول ١: أحجام المناخل القياسية

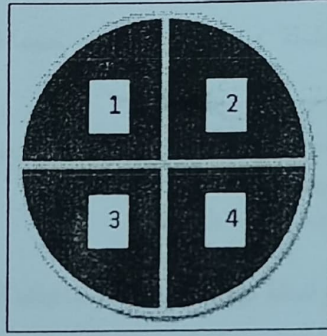
British fine mesh (B.S.S. 410)[3]			I.M.M.[4]			U.S. Tyler[5]			U.S. A.S.T.M.[5]		
Sieve no.	Nominal aperture		Sieve no.	Nominal aperture		Sieve no.	Nominal aperture		Sieve no.	Nominal aperture	
	in.	μm		in.	μm		in.	μm		in.	μm
100	0.0060	152	100	0.0050	127	100	0.0058	147	100	0.0059	150
			90	0.0055	139	80	0.0069	175	80	0.0070	177
85	0.0070	178	80	0.0062	157	65	0.0082	208	70	0.0083	210
			70	0.0071	180				60	0.0098	250
72	0.0083	211	60	0.0083	211	60	0.0097	246	50	0.0117	297
60	0.0099	251							45	0.0138	350
52	0.0116	295	50	0.0100	254	48	0.0116	295	40	0.0165	420
			40	0.0125	347	42	0.0133	351	35	0.0197	500
44	0.0139	353				35	0.0164	417	30	0.0232	590
36	0.0166	422	30	0.0166	422	32	0.0195	495			
30	0.0197	500				28	0.0232	589			
25	0.0236	600									
22	0.0275	699	20	0.0250	635	24	0.0276	701	25	0.0280	710
18	0.0336	853	16	0.0312	792	20	0.0328	833	20	0.0331	840
16	0.0395	1003				16	0.0390	991	18	0.0394	1000
14	0.0474	1204	12	0.0416	1056	14	0.0460	1168	16	0.0469	1190
12	0.0553	1405	10	0.0500	1270	12	0.0550	1397			
10	0.0660	1676	8	0.0620	1574	10	0.0650	1651	14	0.0555	1410

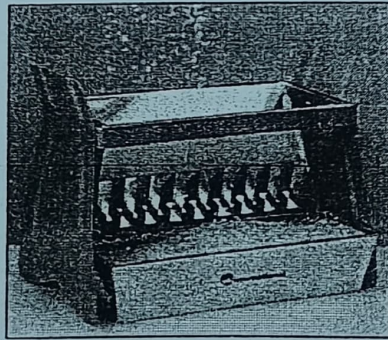
الأدوات و المواد المستخدمة

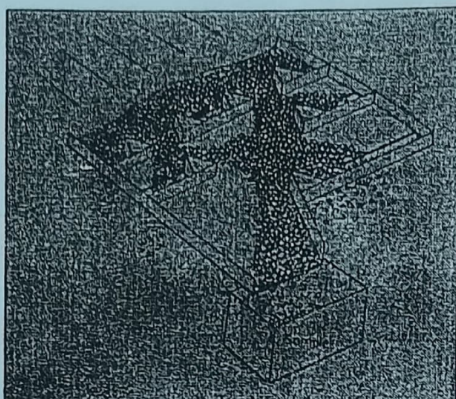
١- مقسم العينات (Samples divider).
٢- هزاز المناخل الآلي (Vibrating Screen Shaker).
٣- مناخل الاختبار.
٤- ميزان الكتروني .
٥- فرشاة تنظيف.

خطوات العمل:

الجزء الأول: طرق أخذ العينات (Sampling methods)

١- التكويم و التربيع (Coning and Quartering): تستخدم لتقسيم كميات قليلة من المواد حيث توضع المادة على شكب كومة ثم تقسم إلى اربعة أقسام متماثلة بعد تسويتها (كما في الشكل ٣) و بعدها يؤخذ القسمان المتقابلان، كأخذ الجزئين (2,3) و نهمل الباقي . و قد يقسم الجزء الذي أخذ كعينة مرة أخرى بنفس الأسلوب و تكرر العملية إلى حين الحصول على العينة بالحجم المطلوب.

الشكل ٣: التكويم و التربيع (Coning and Quartering)

٢- مقسم جونز (Jones divider): عبارة عن صندوق مفتوح بشكل حرف (V) مثبت فيه سلسلة من الفتحات المائلة، مصممة بحيث تكون متعامده مع محور رأسي لتكون فتحات مستطيلة لها مساحات متساوية (كما في الشكل ٤)، و مبدأ عمله قائم على وضع العينات داخله و تجزيئها إلى أقسام متساوية و هكذا يتم التكرار حتى نحصل على الحجم المطلوب .

الشكل ٤: مقسم جونز (Jones divider)

٣- منضدة أخذ العينات (Table Sampling): هي عبارة عن سطح مستوي مائل مثقب عليه سلسلة من المناشير (المواشير) التي تعمل على تقسيم العينة إلى أجزاء و امرارها عبر الثقوب و الباقي يمر على السطح و يتم تجميعه في صندوق (كما هو مبين بالشكل ٥). تستعمل طاولة أخذ العينات للأوزان التي تزيد عن ٥ كغم.

الشكل ٥: منضدة أخذ العينات (Table Sampling) .

الجزء الثاني: اجراء عملية التنخيل.

١- اختيار مجموعة من المناخل المتسلسلة و ترتيبها من الأكبر حجما في الأعلى نحو الأقل في الأسفل و من ثم تسجل حجومها.
٢- أخذ كتلة معلومة من الرمل (مثلا 500 g).
٣- و ضع العينة الرملية على سطح المنخل و تحريكها باليد و من ثم و ضعها على الهزاز الآلي.
٤- ضبط شدة الهزاز و الزمن في الجهاز.
٥- توزن العينات المتجمعه على كل منخل و تسجل قيمها.

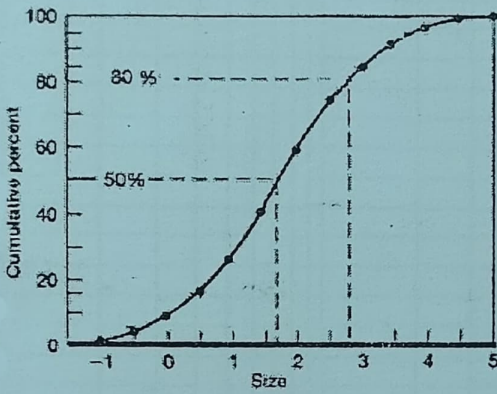
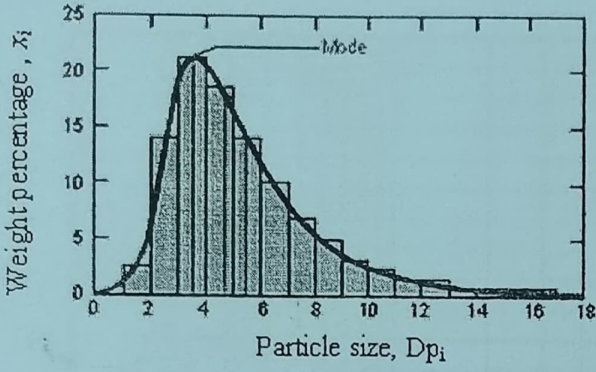
- ملحوظة : يجب تنظيف المناخل بواسطة فرشاة التنظيف تجنبا لبقايا المواد المستخدمة سابقا.

النتائج و الحسابات:

١- املأ الجدول التالي:

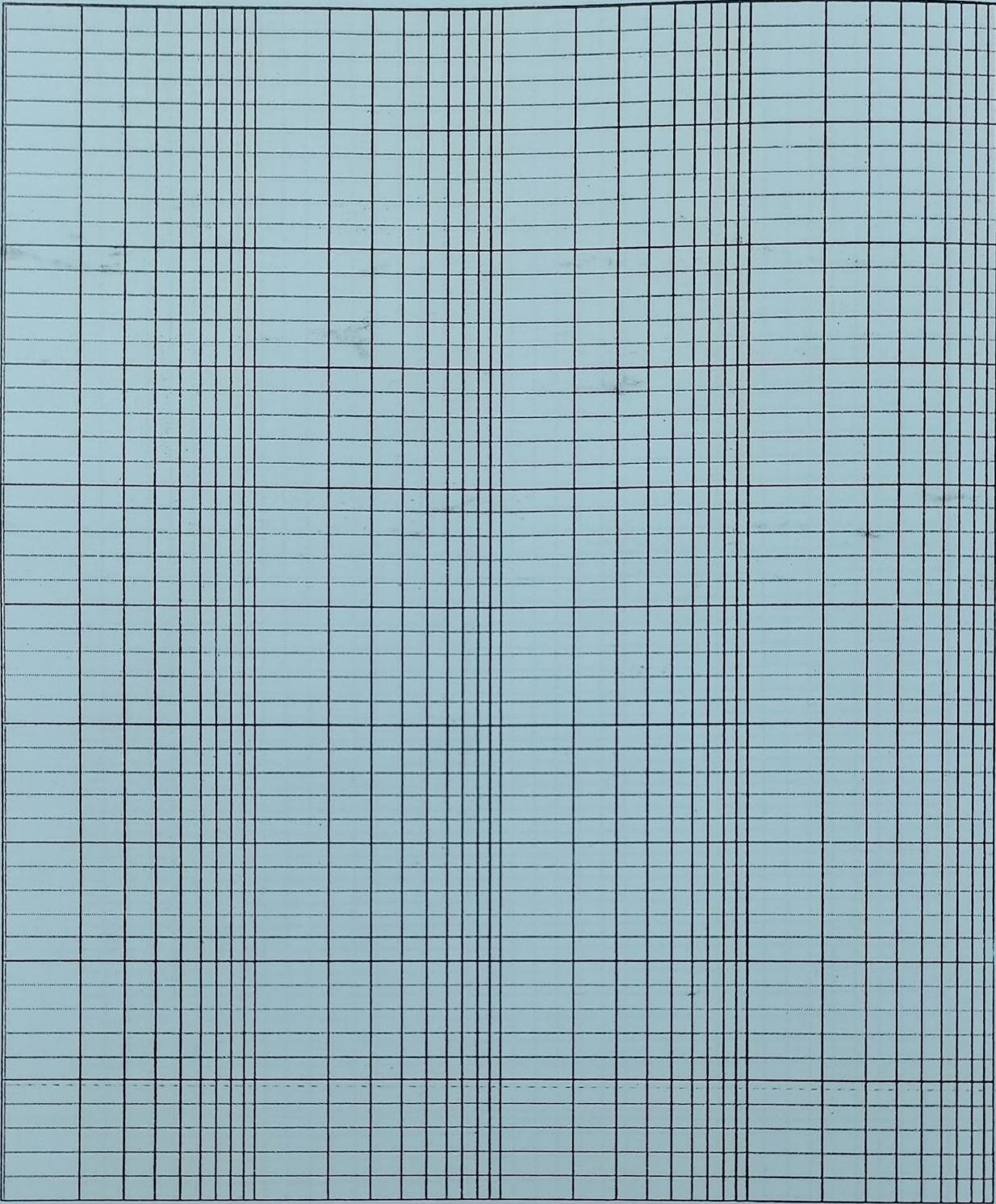
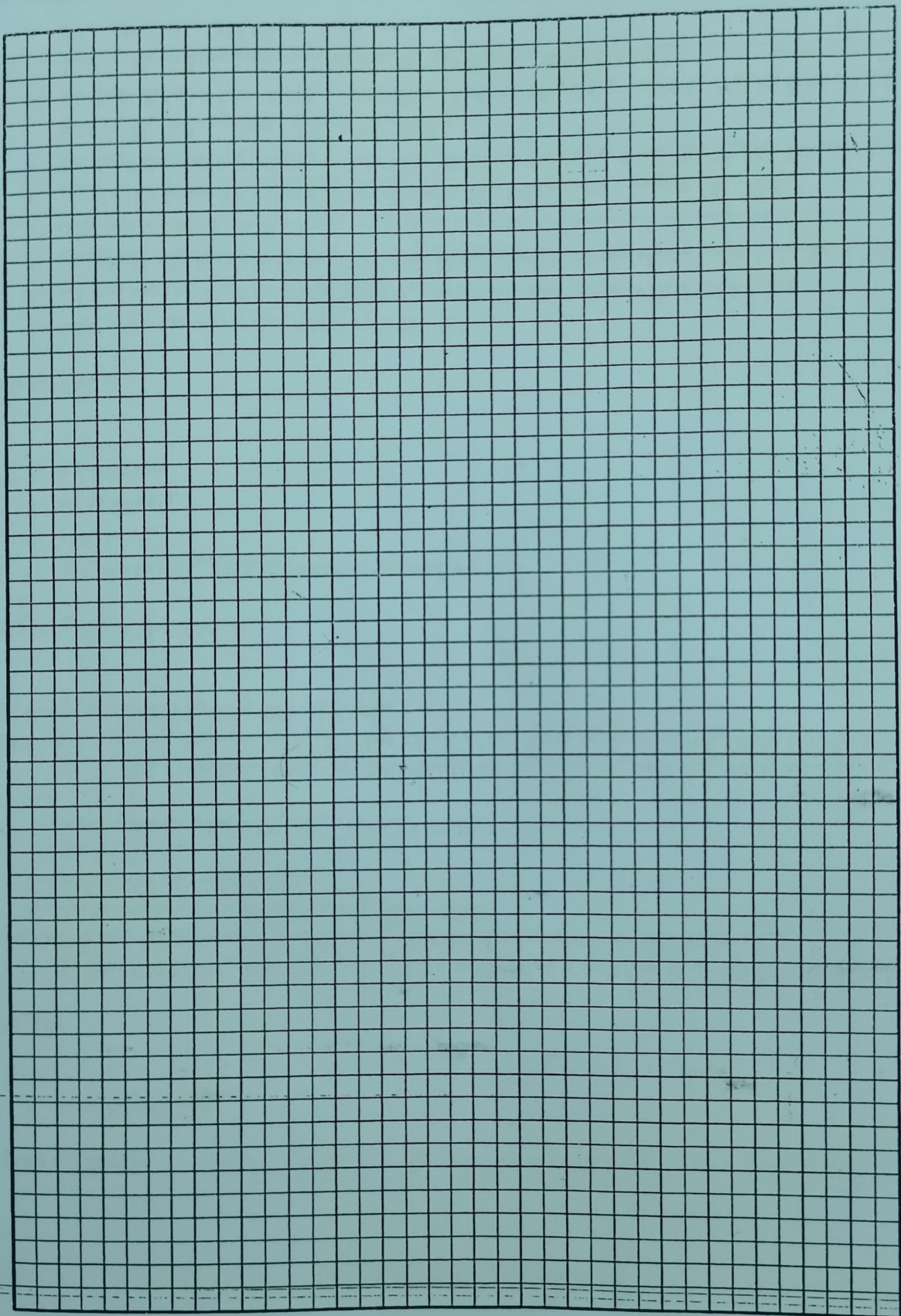
المدى الحجمي للمناخل	حجم المنخل D_{pi} (mm)	الكتلة (g)	الكسر الوزني (x_i) $x_i = \frac{m_i}{m_T}$	نسبة العالق التراكمي	نسبة المار التراكمي
المجموع					

٢- ويتم تمثيل النتائج المأخوذة من عملية التنخيل بإستخدام طرق عدة أهمها:

- الرسم البياني النسيجي: حيث يعطي تصورا للأحجام المختلفة في العينة التي تم اجراء التنخيل لها و تحديد شكل التوزيع (Mode) الذي يحدد أي الحجوم أكثر حدوثا. أنظر إلى الشكل المجاور.

- المنحنى التراكمي : حيث يتم رسم النسب الحجمية المارة المتراكمة او العالقة – كلاهما مرآة لأخرى – مقابل الحجم (Dp_i) باستخدام ورق بياني عادي او شبه لوغاريتمي حيث يكون المنحنى على شكل حرف (S)و منه يتم تحديد حجم الطحن عند ٨٠% و الوسط الحجمي عند ٥٠%. أنظر إلى الشكل المجاور.

بعد اجراء التجربة عليك:

١- تمثيل النتائج باستخدام الطرق الموضحة أعلاه.
٢- ايجاد حجم الطحن و الحجم الوسيط.

Semi log paper

Decimal paper

التجربة الثانية

كفاءة التنخيل

(Screening Efficiency)

الهدف من التجربة

تحديد كفاءة التنخيل.

النظرية

إن كفاءة التنخيل تعطي انطباعا لمدى نجاح آلية و عملية التنخيل، حيث تحدد درجة اكتمال فصل المواد إلى أجزاء حبيه فوق أو دون الأبعاد المتحكمة بفتحة المنخل. و كفاءة التنخيل بطبيعتها تتأثر بعوامل عدة أهمها:

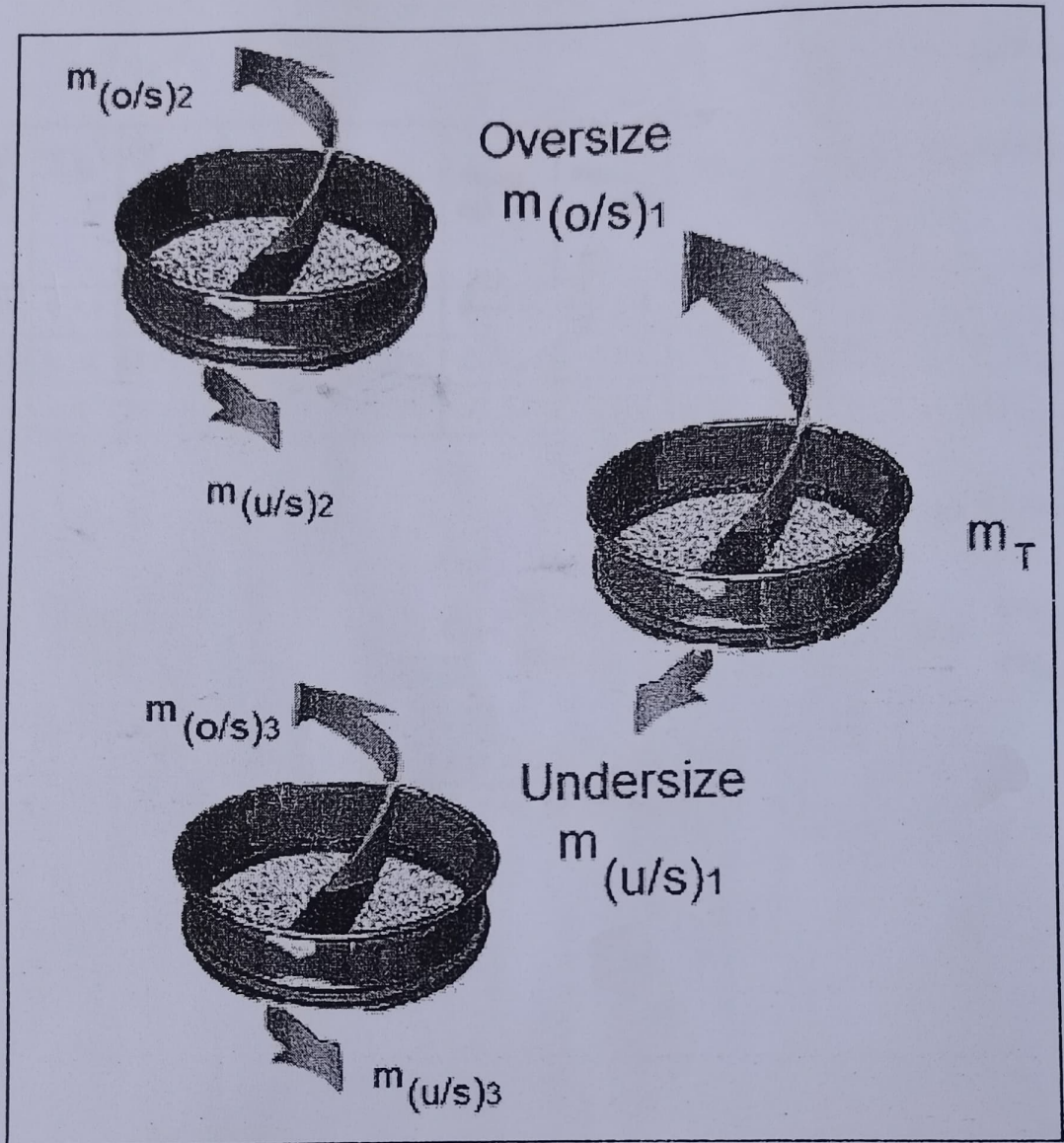
١- كيفية حركة المنخل؛ حركة اهتزازية، دورانية أو خطية.
٢- معدل التغذية على سطح المنخل.
٣- ميل المنخل.
٤- صفات وخصائص المواد التي يجرى لها عملية التنخيل.

من أكثر الطرق المستخدمة للتعبير عن كفاءة التنخيل، تلك التي تعتمد علي نسبة فصل المواد عند حجم معين او على كتلة المواد الموجوده في غير موضعها في كل ناتج؛ كالمواد ما دون الحجم (Undersize) في الناتج فوق المنخل، و المواد فوق الحجم (Oversize) في الناتج النافد من المنخل.

الأدوات و المواد المستخدمة

٦- هزاز المناخل الآلي (Vibrating Screen Shaker).
٧- منخل اختبار.
٨- ميزان الكتروني .
٩- فرشاة تنظيف.

خطوات العمل:

١- اختيار منخل ذي حجم معين و تنظيفه جيدا بالفرشاة.
٢- أخذ حجم معين من العينة الصلبة (100 g) على سبيل المثال حيث تمثل قيمة الكتلة الكلية (m_T).
٣- وضع العينة على المنخل المثبت في أسفله وعاء التجميع (Pan) و تنخيلها باليد ثم وضعها على الهزاز الآلي لمدة ٥ دقائق عند شدة اهتزاز معينة.
٤- وزن العينات المتجمعة فوق المنخل و تحت المنخل و التي تمثل $m_{(u/s)1}$, $m_{(o/s)1}$ على التوالي.
٥- أخذ العينة المتجمعة فوق المنخل و إعادة القيام بالخطوات (4 , 3) و تسجيل قيم الاوزان المتجمعة فوق و أسفل المنخل و التي تمثل $m_{(u/s)2}$, $m_{(o/s)2}$ على التوالي.
٦- أخذ العينة المتجمعة تحت المنخل و إعادة القيام بالخطوات (4 , 3) و تسجيل قيم الاوزان المتجمعة فوق و أسفل المنخل و التي تمثل $m_{(u/s)3}$, $m_{(o/s)3}$ على التوالي(انظر إلى الشكل ١).
٧- نظف مكان العمل و كافة الأدوات المستخدمة.

الشكل ١: خطوات العمل لحساب كفاءة التنخيل.

النتائج و الحسابات:

املأ الجدول التالي:

حجم المنخل D_{pi} (mm)	الكتلة الكلية (m_t) (g)	$m_{(o/s)1}$ (g)	$m_{(u/s)1}$ (g)	$m_{(o/s)2}$ (g)	$m_{(u/s)2}$ (g)	$m_{(o/s)3}$ (g)	$m_{(u/s)3}$ (g)	F	C	U	كفاءة التنخيل (E)

حيث يتم حساب F, C, U and E كما يلي:

$$f = \frac{m_{(o/s)1}}{m_T} \qquad C = \frac{m_{(o/s)2}}{m_{(o/s)1}} \qquad U = \frac{m_{(o/s)3}}{m_{(u/s)1}}$$

$$E = \frac{C.(f-U).(C-f).(1-U)}{f.(1-f).(C-U)^2}$$

الكســارة الفكية
(Jaw Crusher)

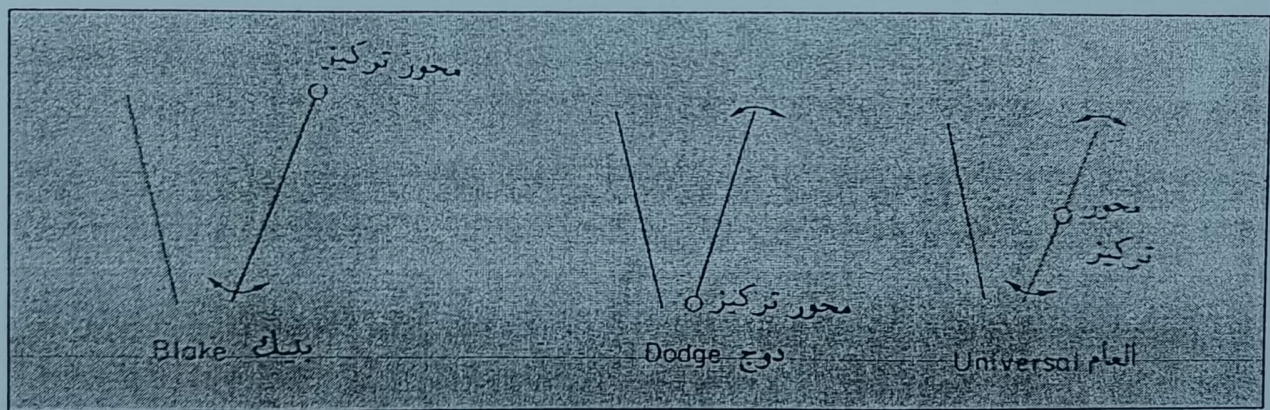
الهدف من التجربة

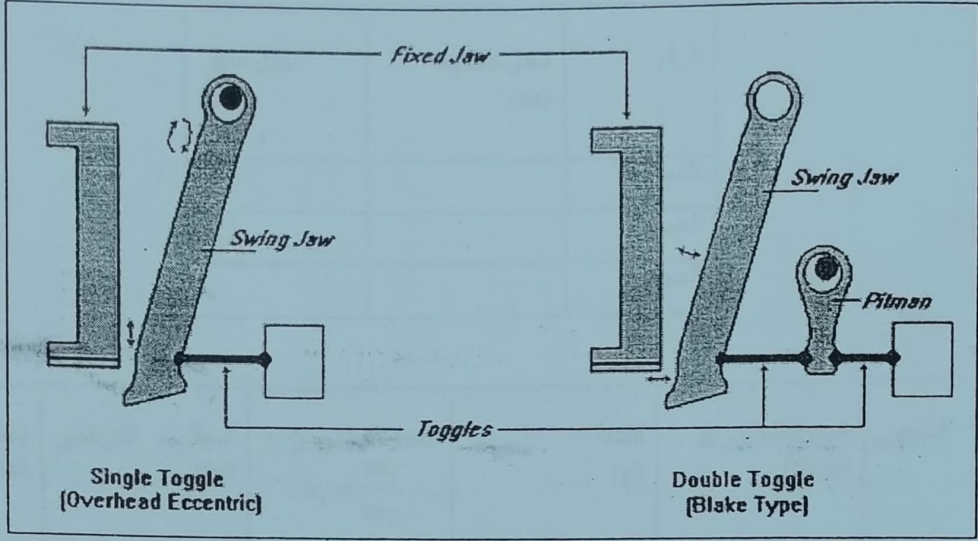
١- التعرف على الكسارة الفكية من حيث الأجزاء و مبدأ العمل.
٢- حساب الطاقة اللازمة و المستهلكة أثناء العملية.
٣- حساب كفاءة التنخيل.
٤- ايجاد نسبة التصغير.

النظرية

إن التكسير هو المرحلة الميكانيكية الأولى في عملية التفتيت و التي هدفها تصغير الحجوم الخارجة من المناجم ، و تحرير المعادن الثمينة من الشوائب. التكسير عموما عملية جافة تجري عادة بمرحلتين أو ثلاث فتكون الحجوم الداخلة بمعدل ١.٥ م و تخرج بعد اجراء التكسير الأولي بحجم ١٠ – ٢٠ سم أو بين ٠.٥ – ٢ سم بعد اجراء التكسير الثانوي.

إن من أهم المكائن المستخدمة في عملية التكسير الأولي هي الكسارة الفكية (Jaw Crusher)، و التي أهم ما يمزها وجود فكين أحدهما المتأرجح و الآخر ثابت، مصنوعين من الحديد الصب و مبطن بسبيكة من الفولاذ و المنغنيز، و يكون إطارها الرئيسي مصنوع أيضا من الحديد الصلب و الفولاذ.

تصنف الكسارات الفكية اعتمادا على طريقة تركيز الفك المتأرجح إلى (أنظر إلى الشكل ١) :
١- كسارة بليك (Blake Jaw Crusher) : بحيث يركز الفك المتأرجح عند النهاية العلوية.
٢- كسارة دودج (Dodge Jaw Crusher): بحيث يركز الفك المتأرجح عند النهاية السفلية.
٣- الكسارة العامة (Universal Jaw Crusher): بحيث يركز الفك المتأرجح في المنتصف.

الشكل١ : أنواع الكسارات الفكية.

هنالك شكلان لكسارة بليك (Blake Jaw Crusher) (انظر إلى الشكل ٢):
١- كسارة بليك ثنائية الركبة (Double toggle Blake Jaw Crusher)
٢- كسارة بليك أحادية الركبة (Single toggle Blake Jaw Crusher)

الشكل٢: أنواع كسارة بليك.

و مبدأ عمل الكسارة الفكية هو الحركة التذبذبية للفك المتأرجح الناتجة عن حركة اللاتمركز (Eccentric Motion) الناتجة عن المحرك الكهربائي.

الأدوات و المواد المستخدمة

١- كسارة فكية (Blake Jaw Crusher)
٢- هزاز المناخل الآلي (Vibrating Screen Shaker).
٣- مناخل اختبار ذو أحجام مناسبة.
٤- ميزان الكتروني .
٥- فرشاة تنظيف.
٦- ساعة توقيت.

خطوات العمل:

١- اختيار ٣ حجارة متوسطة الحجم وقياس قطرها (F) .
٢- تنظيف الكسارة الفكية و تشغيلها لفترة قصيرة من الزمن.
٣- وضع العينة المراد تكسيرها داخل الكسارة تزامنا مع تشغيل ساعة التوقيت و تسجيل زمن التكسير بعدها.
٤- وزن العينات المتجمعة بعد عملية التكسير و القيام بتنخيلها مخبريا.
٥- معرفة حجم الطحن (P) و ذلك بالتمثيل البياني للخطوة السابقة و الذي يكون عند ٨٠%.
٦- تحديد أكبر حجم في الناتج بعد اجراء عملية التنخيل.
٧- نظف مكان العمل و كافة الأدوات المستخدمة.

النتائج و الحسابات:

١- املأ الجداول التالية:

الرقم	معدل المحيط (m)	معدل القطر (m)
الحجر ١		
الحجر ٢		
الحجر ٣		

المدى للمناخل	الحجمي	حجم المنخل D_{pi} (mm)	الكتلة (g)	الكسر الوزني (x_i) $x_i=\frac{m_i}{m_T}$	نسبة العالق	التراكمي	نسبة المار	التراكمي
المجموع								

٢- تمثيل النتائج أعلاه برسم نسبة التراكمي المار و الحجم على ورق بياني أو شبه لوغاريتمي و حساب حجم المنتج (P) عند ٨٠% .

٣- حساب الطاقة المستهلكة من العادلة التالية :

$$E_{Consumed} = I.V.(0.707)^2.t.10^{-3} \qquad (Kw.hr/kg)$$

حيث أن :

E : الطاقة المستهلكة.

I : شدة التيار (A).

V : فرق الجهد (v).

t :زمن التكسير (hr).

٤- حساب الطاقة اللازمة للتكسير من قانون بوند:

$$E_{Required} = \frac{10\,E_i}{\sqrt{P}} - \frac{10E_i}{\sqrt{F}} \qquad (Kw.hr/short\,ton)$$

حيث أن:
E : الطاقة اللازمة للتكسير.
E_i : دليل الشغل (work index).
P : حجم الطحن(Micron) .
F: حجم التغذية (Micron).

٥- حساب الطاقة الضائعة عن طريق المعادلة التالية:

$$E_{loss} = E_{Consumed} - E_{Required}$$

٦- ايجاد نسبة التصغير (Reduction Ratio) باستخدام المعادلة التالية:

$$Reduction\ Ratio = \frac{F}{P}$$

٧- حساب الطاقة الانتاجية للكسارة باستخدام المعادلة التالية:

$$T = 0.6\ L.S \qquad Ton/hr$$

حيث أن:
T : الإنتاجية (Productivity)
L : طول حجرة الطحن (Inch).
S : مقدار فتحة التصريف (Inch).

ملحوظة:

1 S.t = 2000 lb = 907.185 Kg

1 mm = 1000 micron

E_i = 12.74 kw.hr/short ton (for limestone)

التجربة الرابعة

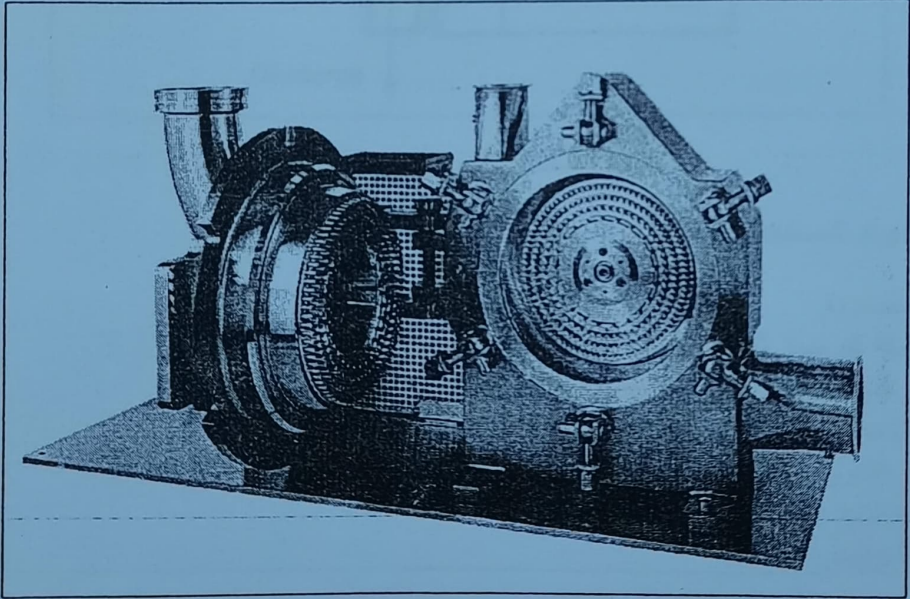
المطحنة القرصية
(Disk mill)

الهدف من التجربة

١- التعرف على المطحنة القرصية من حيث الأجزاء و مبدأ العمل.
٢- حساب الطاقة اللازمة و المستهلكة أثناء العملية.
٣- ايجاد حجم الناتج من عملية الطحن.

النظرية

إن عملية الطحن تهدف إلى تحرير الحبيبات المعدنية المتواجدة في الخام بأحجام لا تستطيع الكسارات الوصول إليها، و تتم هذه العملية بواسطة آلات ميكانيكية معقدة مختلفة في آلية العمل تسمى المطاحن كمطحنة القضبان، مطحنة الكرات و المطحنة القرصية. إن المطحنة القرصية تقوم بتفتيت الحبيبات اعتمادا على السحق بين قرصين و هذه العملية تتم بشكل جاف و مستمر.

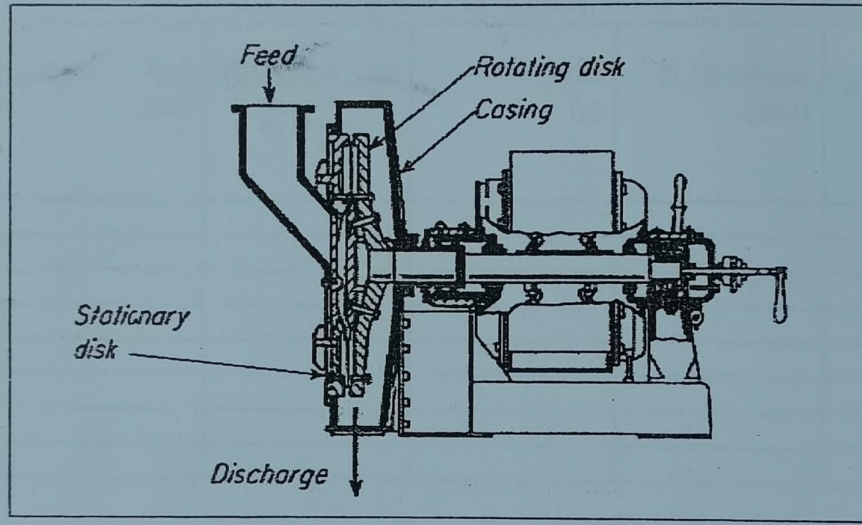
و تصنف المطحنة القرصية إلى عدة تصنيفات اعتمادا على ما يلي:
١- نوع القرص المستخدم:
أ- المسماري (Alpine pinned disk mill).
ب- العام (Alpine universal disk mill).

الشكل1: المطحنة القرصية المسمارية (Alpine pinned disk mill).

٢- آلية حركة الأقراص:

أ- أحادية الحركة (Single – runner Disk): يكون قطر القرص بين (250 – 1400 mm) و بسرعة دورانية بين (350 – 700 r/min).

ب- ثنائية الحركة (Double – runner Disk): يكون قطر القرص بين (250 – 1400 mm) و بسرعة دورانية بين (1200 – 7000 r/min).

و تتكون المطحنة القرصية (أنظر الشكل ٢) من غلاف مصنوع الفولاذ المطاوع ، وقرصين مصنوعين من الفولاذ المقسى المقاوم للتآكل، مزودة بمحرك كهربائي لإعطاء الحركة الدورانية للقرصين أو أحدهما و مفتاح للتحكم بالمسافة بين القرصين، التي بدورها تتحكم بحجم الطحن. و تتم عملية الطحن بدخول مادة التغذية التي حجمها لا يزيد عن 12 mm عبر فتحة التغذية، و من ثم دخولها الفراغ الفاصل بين القرصين و سحقها ، و أخيرا خروج المنتج النهائي بالحجم المطلوب من فتحة التصريف.

عادة يتم امرار الهواء داخل المطحنة و ذلك منعا لحدوث اغلاق نتيجة تراكم مادة الطحن داخلها، و امرار الماء أيضا بمسارب خاصة لتبريد أقراص المطحنة نتيجة الحرارة العالية الناجمة عن الاحتكاك.

الشكل٢ : المطحنة القرصية(أحادية الحركة).

الأدوات و المواد المستخدمة

١- عينة صخرية.
٢- المطحنة القرصية (Disk mill)
٣- هزاز المناخل الآلي (Vibrating Screen Shaker).
٤- مناخل اختبار ذو أحجام مناسبة.
٥- ميزان الكتروني .
٦- فرشاة تنظيف.
٧- ساعة توقيت.

خطوات العمل:

١- توزين g 400 من العينة الصخرية التي تم تكسيرها مسبقا و معرفة حجم التغذية (F). أو أخذ نفس الوزن من ناتج الكسارة الفكية في التجربة السابقة المعروف حجمه مسبقا و الذي يمثل مادة التغذية.
٢- تنظيف المطحنة القرصية و تشغيلها لفترة قصيرة من الزمن.
٣- وضع العينة المراد طحنها داخل المطحنة تزامنا مع تشغيل ساعة التوقيت و تسجيل زمن الطحن بعدها.
٤- وزن العينات المتجمعة بعد عملية الطحن و القيام بتنخيلها مخبريا.
٥- معرفة حجم الطحن (P) و ذلك بالتمثيل البياني للخطوة السابقة و الذي يكون عند ٨٠%.
٦- نظف مكان العمل و كافة الأدوات المستخدمة.

النتائج و الحسابات:

١- املأ الجداول التالية:

المدى الحجمي للمناخل	حجم المنخل D_{pi} (mm)	الكتلة (g)	الكسر الوزني (x_i) $x_i = \frac{m_i}{m_T}$	نسبة العالق التراكمي	نسبة المار التراكمي
المجموع					

٢- تمثيل النتائج أعلاه برسم نسبة التراكمي المار و الحجم على ورق بياني أو شبه لوغاريتمي و حساب حجم المنتج (P) عند ٨٠% .

٣- ايجاد حجم التغذية (F) و حجم الطحن (P).

٤- حساب الطاقة المستهلكة من العادلة التالية :

$$E_{Consumed} = I.V.(0.707)^2.t.10^{-3} \qquad (Kw.hr/kg)$$

حيث أن :
E : الطاقة المستهلكة.
I : شدة التيار (A).
V : فرق الجهد (v).
t :زمن التكسير (hr).

٥- حساب الطاقة اللازمة للتكسير من قانون بوند:

$$E_{Required} = \frac{10\,E_i}{\sqrt{P}} - \frac{10E_i}{\sqrt{F}} \qquad (Kw.hr/short\ ton)$$

حيث أن:
E : الطاقة اللازمة للتكسير.
E_i : دليل الشغل (work index).
P : حجم الطحن(Micron) .
F: حجم التغذية (Micron).

٦- حساب الطاقة الضائعة عن طريق المعادلة التالية:

$$E_{loss} = E_{Consumed} - E_{Required}$$

ملحوظة:

1 S.t = 2000 lb = 907.185 Kg

1 mm = 1000 micron

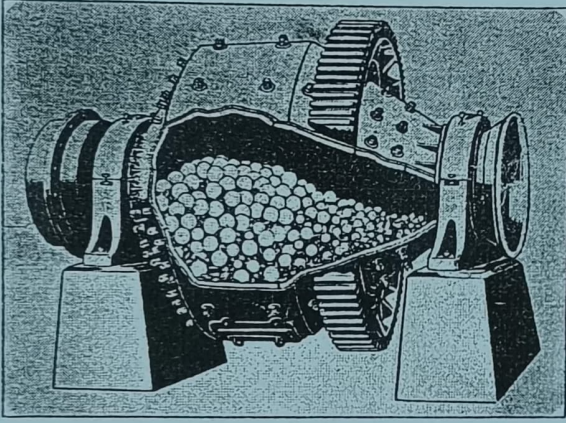
E_i = 12.74 kw.hr/short ton (for limestone)

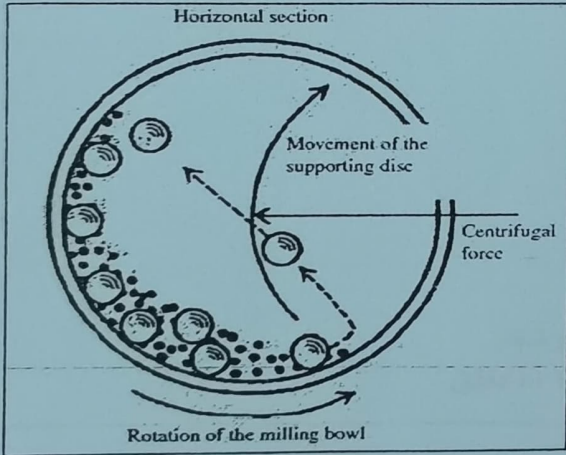
التجربة الخامسة

مطحنة الكرات
(Ball mill)

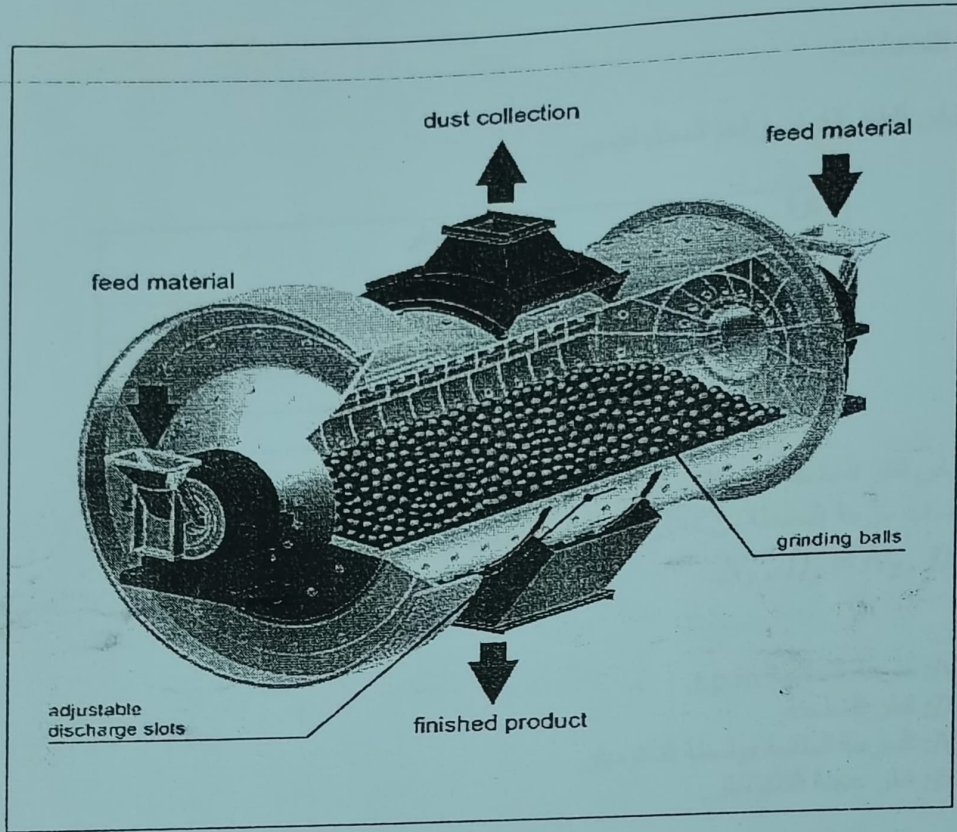
الهدف من التجربة

١- التعرف على مطحنة الكرات من حيث الأجزاء و مبدأ العمل.
٢- ايجاد تأثير سرعة المطحنة على عملية الطحن.
٣- ايجاد السرعة الحرجة و معرفة أثرها على عملية الطحن.
٤- ايجاد السرعة المثالية نظريا و عمليا.

النظرية

تجري المراحل النهائية للتفتيت في الطواحين الدوارة (Tumbling mills) باستعمال كرات مصنوعة من الفولاذ أو الصوان كوسط للطحن و لذلك تدعى مطحنة الكرات حيث يتم تصغير الجسيمات التي يتراوح حجمها (5 – 50 mm) إلى حجم يتراوح (10 – 300 micron). و تستخدم هذه المطاحن بشكل واسع في الصناعة : كصناعة الاسمنت لطحن المادة الخام الكلنكر (Clinker) و صناعة الفوسفات و غيرها.

مطحنة الكرات عبارة عن أسطوانة مصنوعة من الفولاذ المطاوع و تكون مبطنة من الداخل بمواد عالية المقاومة للتآكل و التصادمات كالفولاذ المنغنيزي أو سبيكة الفولاذ كروم-الموليدنوم ، و تتراوح أبعادها - في الواقع الصناعي- 5.5 m قطرا في 6.4 m طولا ، و تكون الكرات المصنوعة من الفولاذ ذات قطر يتراوح بين (5 – 10 cm) ، وتشغل حيزا يتراح بين (40 -50%) من حجم الأسطوانة .

الشكل ١: مطحنة الكرات.

يقوم مبدأ عمل مطحنة الكرات على دوران المطحنة حول محورها فتتساقط الكرات حيث تضرب جسيمات المادة المراد طحنها (أنظر إلى الشكل 2 ,١) ، و تعمل المطحنة ضمن أقصى سرعة و تسمى السرعة المثالية و التي تمثل (70 – 80 %) من السرعة الحرجة، و التي تعرف بالسرعة التي تلتصق بها الكرات في جسم المطحنة الداخلي نتيجة قوة الطرد المركزي مما يؤدي إلى تقليل كفاءة المطحنة.

إن من أهم العوامل المؤثرة على مطحنة الكرات :
١- سرعة دوران المطحنة.
٢- أقطار الكرات و أوزانها.
٣- معدل التغذية.
٤- المساحة السطحية لوسط الطحن.
٥- زمن الطحن.
٦- محتوى الرطوبة.
٧- ميل المطحنة.

الشكل ٢: مطحنة الكرات (Ball mill).

الأدوات و المواد المستخدمة

١- مطحنة الكرات (Ball Mill)
٢- عينة صخرية .
٣- هزاز المناخل الآلي (Vibrating Screen Shaker).
٤- مناخل اختبار ذو أحجام مناسبة.
٥- ميزان الكتروني .
٦- فرشاة تنظيف.
٧- ساعة توقيت.

خطوات العمل:

١- تكسير العينة الصخرية بواسطة الكسارة الفكية و من ثم تنظيفها بواسطة الفرشاة .
٢- خذ عينة تزن 400 g من العينة التي تم تكسيرها و ضعها في المطحنة لمدة ١٠ دقائق.
٣- ضبط السرعة باستخدام جهاز التاكوميتر على 250 r.p.m.
٤- وزن العينات المتجمعة بعد عملية الطحن و القيام بتنخيلها مخبريا.
٥- معرفة حجم الطحن (P) و ذلك بالتمثيل البياني للخطوة السابقة و الذي يكون عند ٨٠%.
٦- كرر نفس الخطوات السابقة لكن عند سرعات مختلفة.
٧- نظف مكان العمل و كافة الأدوات المستخدمة.

النتائج و الحسابات:

١- قياس أقطار الكرات و أخذ المعدل لقيمهم.

الكرة	القطر (mm)
١	
٢	
٣	
معدل الأقطار D_{av}	

٢- قياس قطر المطحنة (D_{mill}) و قطر عجلة التاكوميتر.

٣- حساب سرعة المطحنة من خلال العلاقة الرياضية التالية:

$$N_1 \,.\, D_1 = N_2 \,.\, D_2$$

حيث أن:

N_1: سرعة المطحنة r.p.m.

D_1: قطر المطحنة.

N_2: السرعة المقاسة بواسطة التاكوميتر.

D_2: قطر عجلة التاكوميتر.

٤- املأ الجداول التالية:

المدى الحجمي للمناخل	حجم المنخل D_{pi} (mm)	الكتلة (g)	الكسر الوزني (x_i) $x_i = \frac{m_i}{m_T}$	نسبة العالق التراكمي	نسبة المار التراكمي
المجموع					

الرقم	سرعة المطحنة (N_1) (r.p.m)	حجم الطحن (P) (mm)
١		
٢		
٣		

٥- تمثيل النتائج أعلاه برسم نسبة التراكمي المار و الحجم على ورق بياني أو شبه لوغاريتمي و حساب حجم المنتج (P) عند ٨٠% .
٦- رسم العلاقة البيانية بين سرعة المطحنة (N_1) و حجم الطحن (**P**).
٧- ايجاد السرعة الحرجة (N_c) من خلال العلاقة الرياضية التالية:

$$Nc = \frac{42.3}{\sqrt{D - d}}$$

حيث أن :

D: قطر المطحنة (m).
d: معدل أقطار الكرات (m).

٨- ايجاد السرعة المثالية والتي تمثل:

$$N_{opt.} = (70 - 80\%)\ N_c$$

التجربة السادسة

إزالة الماء
(Dewatering)

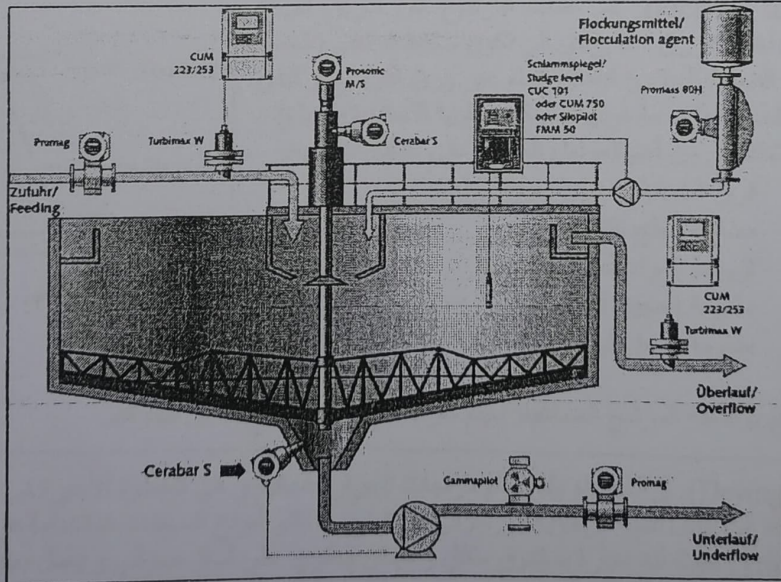
الهدف من التجربة

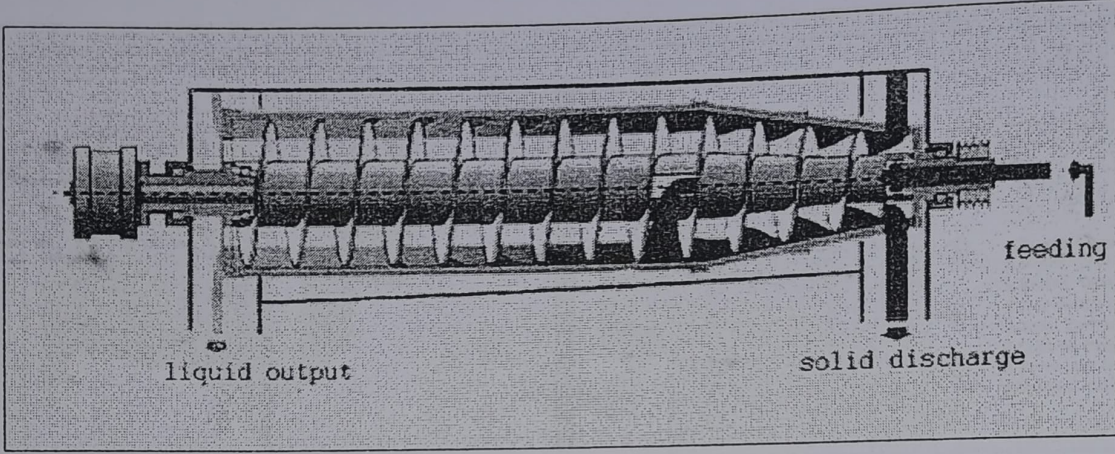
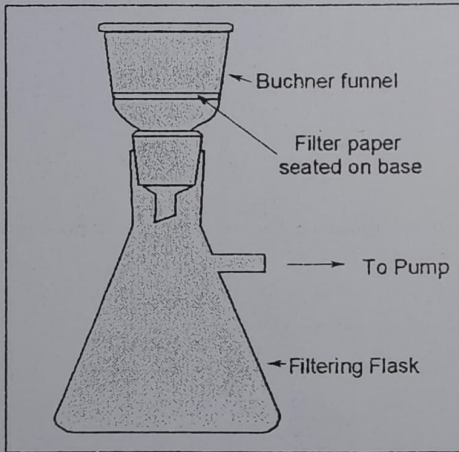
١- إجراء عملية الترشيح لعينة رملية تحتوي على الماء.
٢- إجراء عملية التجفيف لناتج الترشيح.
٣- حساب نسبة الرطوبة ومعدل التجفيف بواسطة منحنى التجفيف.

النظرية

هنالك طرق عدة لإزالة الماء مختلفة من حيث الكيفية و التطبيق و هي كالتالي:

١- الترسيب (Sedimentation) : و هي فصل المواد الصلبة عن الماء اعتمادا على فرق الكثافة بينهما و تقسم إلى:

أ- الترسيب بالجاذبية (Gravity sedimentation): و هي أكثر الطرق استخداما و ذلك لكونها رخيصة الثمن و انتاجيتها عالية و تعطي ظروفا أفضل لتجميع الحبيبات الناعمة و يستخدم المكثف (Thickener) لزيادة الترسيب مع بقاء ٥٥ – ٦٥% مواد صلبة. و يعد المكثف (Thickener) ذو استخدام صناعي واسع، حيث أنه عبارة عن خزان أسطواني يتراوح قطره بين (2 – 200 m) و عمقه (1 – 7 m) تدخل مادة التغذية من الأعلى كما هو موضح في الشكل ١ و ينساب السائل الرائق من خلال مجرى في اعلى المكثف (Thickener) بينما تستقر الحبيبات الصلبة في قاعه، ثم تسحب على شكل معلق غليظ من المخرج في أسفله، و يكون في المكثف (Thickener) ذراع طويلة مركب عليها شفرات (Blades) تسمح بتقليب الحبيبات الصلبة المستقرة نحو المخرج، و تدار هذه الذراع اوتوماتيكيا بواسطة محركات تمنحها عزما دورانيا مناسبا.

الشكل ١: المكثف Thickener.

ب- الترسيب بالطرد المركزي (Centrifugal sedimentation): تتم عملية الفصل باستخدام القوة الطاردة المركزية مثل الهيدروسيكلون و هذه الآلات أكثر تكلفة إلا أنها ذو كفاءة فصل أعلى و بقاء ٨٠% مواد صلبة. و يتكون جهاز الترسيب بالطرد المركزي من وعاء أسطواني بداخله ناقل حلزوني يدوران بنفس الاتجاه، و تعتمد عملية الفصل هنا على قوة الطرد المركزي، فعند دخول مادة التغذية التي تحتوي على مواد صلبة بنسبة (٣٠- ٣٥%) تتسارع هذه المواد نتيجة قوة الطرد المركزي مبتعدة عن مركز الدوران و تلتصق بالجدار الداخلي و بفعل الناقل الحلزوني يقوم بسحبها نحو المخرج المخصص للمواد الصلبة بينما المواد السائلة تخرج من مكانها المخصص كما هو موضح في الشكل ٢.

الشكل ٢: جهاز الترسيب بالطرد المركزي.

٢- الترشيح (Filtration): هي عملية فصل المواد الصلبة من السائل بواسطة وسط مسامي يحجز المواد الصلبة و يسمح للسائل بالمرور، في عملية الترشيح يبقى ٨٠% مواد صلبة. هناك طرق مختلفة للترشيح منها:

أ- الترشيح بواسطة جهاز بوخنر (Filtration using Buchner funnel): تتم عملية الترشيح عن طريق افراغ الهواء داخل الدورق مما يؤدي الى تكون ضغط فراغي (ضغط أقل من الضغط الجوي) فيتدفق الماء عبر ورق الترشيح و تبقى المادة الصلبة متجمعة فوقها و يطلق عليها الكعكة (Cake). انظر الشكل ٣. من أهم العوامل المؤثرة على عملية الترشيح:

- فرق الضغط.
- مساحة سطح الترشيح.
- لزوجة المواد المراد ترشيحها.
- مقاومة العجينة للترشيح.
- مقاومة وسط الترشيح.

Buchner funnel
Filter paper seated on base
To Pump
Filtering Flask

الشكل ٣: جهاز بوخنر.

ب- الترشيح بواسطة المرشح الضاغط: سيتم شرحه في التجربة اللاحقة إن شاء الله.

٣- التجفيف (Drying): إزالة الماء باستخدام دراجات الحرارة العالية و هي الخطوة الأخيرة في عملية إزالة الماء و تهدف عادة إلى تقليل نسبة الرطوبة إلى حوالي ٥% .و من أكثر أنواع المجففات استخداما هو مجفف الصواني (Tray dryer) حيث أنه عبارة صندوق مغلق و مبطن يحتوي على ثمان صواني و يعمل بطريقة الوجبات ، و تكون عملية دخول الهواء و خروجه مستمرة ، و هنالك جهاز لقياس درجة الحرارة و جهاز آخر لتنظيمها. في أثناء التشغيل فإن الهواء داخل الفرن سوف يخرج من أنبوبة العادم (Exhaust) فيقل الضغط داخل الفرن مما يؤدي إلى دفع الهواء إلى داخله و ايصاله بواسطة المروحة ، و من ثم امرار الهواء عبر المسخن لرفع درجة

حرارته لتصل تقريبا الى ١٢٠ درجة مئوية ، و بعدها تتوزع نحو الصواني حاملة معها بخار الماء (انظر الشكل ٤) . و من عوامل التي تؤثر على عملية التجفيف ما يلي:

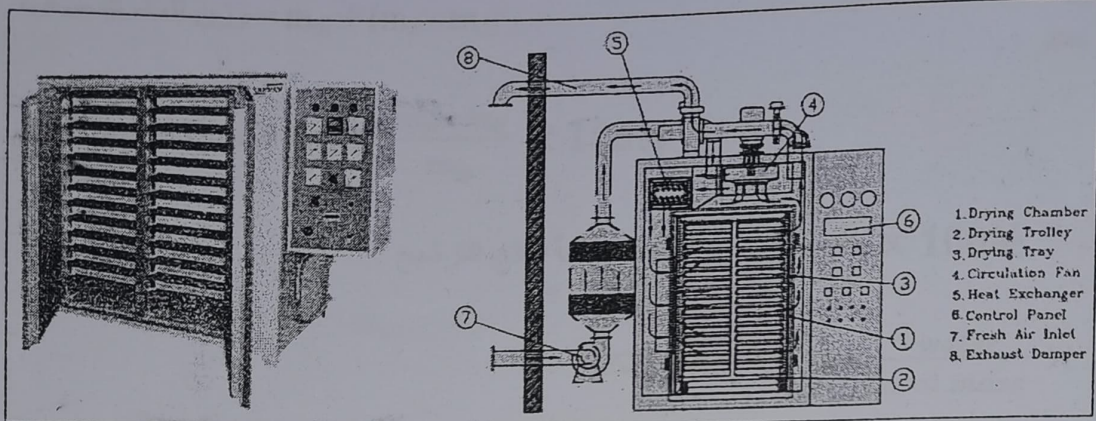
أ- درجة الحرارة.

ب- نسبة الرطوبة.

ج- زمن التجفيف.

د- نسبة المواد الصلبة

هـ- المساحة المعرضة للهواء.

و- مسامية المادة.

الشكل ٤: جهاز مجفف الصواني.

الأدوات و المواد المستخدمة

١- عينة رملية.
٢- كأس زجاجي 250 ml.
٣- ماء.
٤- ملعقة.
٥- جهاز بوخنر.
٦- ورق ترشيح.
٧- مضخة فراغية (Vacuum pump).
٨- ميزان الكتروني.
٩- أنابيب مطاطية.
١٠- مجفف الصواني.
١١- ساعة توقيت.

خطوات العمل:

١- توزين 30 g من العينة الرملية ثم خلطها مع كمية مجهولة من الماء.
٢- ترشيح الخليط بواسطة جهاز بوخنرو من ثم يوزن كلا من الراشح و الكعكة.
٣- أخذ الكعكة و تجفيفها في مجفف الصواني ثم توزن كل ٣ دقائق حتى يثبت الوزن.
٤- جدولة القراءات مأخوذة و رسم منحنى التجفيف بين الوزن و الزمن.
٥- نظف مكان العمل و كافة الأدوات المستخدمة.

النتائج و الحسابات:

١- احسب ما يلي:

- وزن الماء الراشح (m_{fil})
- وزن العينة الرطبة (m_w)
- وزن العينة الجافة (m_d)

وزن الماء المضاف $= m_{fil} + (m_w - m_d)$

نسبة الرطوبة لناتج الترشيح $= \frac{m_w - m_d}{m_w} \times 100\%$

نسبة المواد الصلبة لناتج الترشيح $= \frac{m_d}{m_w} \times 100\%$

نسبة الرطوبة الكلية $= \frac{m_{water}}{Total\ mass} \times 100\%$

نسبة المواد الصلبة الكلية $= \frac{m_d}{Total\ mass} \times 100\%$

٢- املأ الجدول التالي:.

رقم المحاولة	الزمن (min)	الوزن (g)
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		
9		
10		

٣- ارسم منحنى الوزن و الزمن على ورق بياني و احسب معدل التجفيف و الذي يمثل ميل ذلك المنحنى .

التجربة السابعة

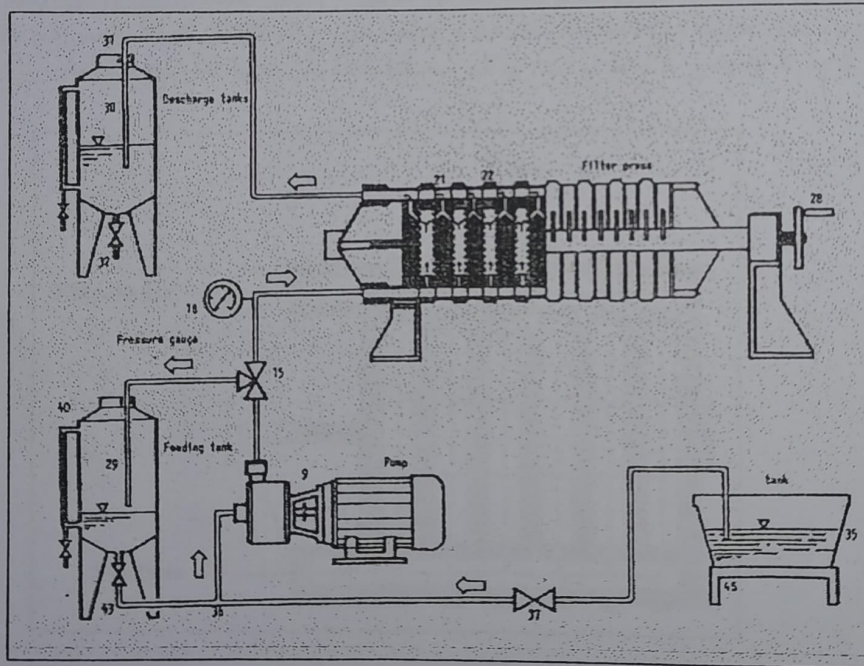
المرشح الضاغط
(Filter Press)

الهدف من التجربة

١- التعرف على المرشح الضاغط من حيث الأجزاء و كيفية العمل.
٢- اجراء عملية ترشيح لمحلول يحتوي على الدياتومايت (Diatomite).

النظرية

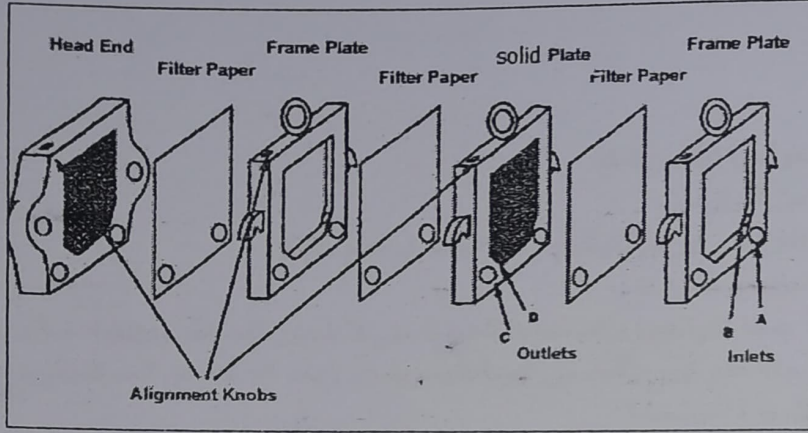
يصنف المرشح الضاغط (Filter Press) من أجهزة الترشيح الضاغطة ذات الأداء غير المتصل (Discontinues Pressure filters) و التي تعتمد بشكل كبير في عملية الفصل على ضغط أكبر من الضغط الجوي. و يتميز المرشح الضاغط بعدم انضغاط الحبيبات الصلبة و معدل تجفيف أفضل للحبيبات إضافة الى سهولة العمل و قلة التكاليف. و تصنع المرشحات الضاغطة على شكلين:

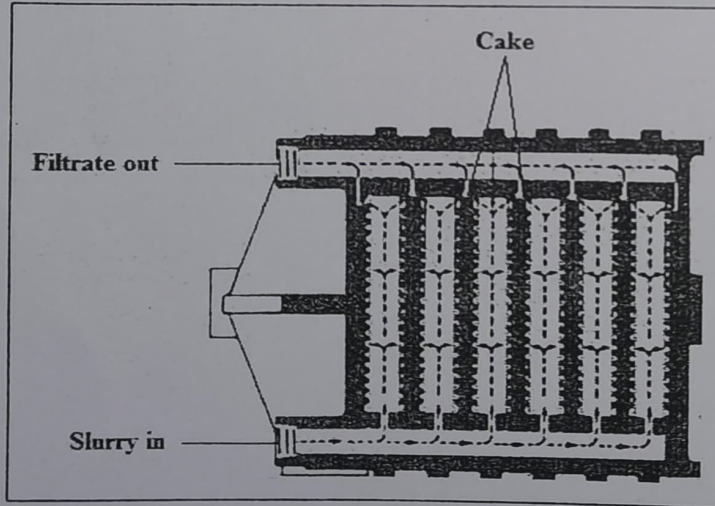
١- مرشح اللوح و الإطار (Plate and Frame filter press). كما هو موضح في الشكل ١.
٢- مكبس الحجرة (Chamber press).

الشكل ١: مرشح اللوح و الإطار (Plate and Frame filter press).

في هذه التجربة سنقوم بدراسة للشكل الأول من المرشحات الضاغطة و الذي يتكون من:

١- ٣٠ لوح و اطار فارغ يفصل بينها بورق ترشيح أو قماش كتاني مرتبة بتسلسل على التوالي لتعطي مساحة ترشيح تقدر بـ $8200\ cm^2$ تثبت بواسطة حلزون أو مكبس هيدروليكي. كما هو في الشكل ٢.

٢- مضخة لولبية (Screw Pump).

٣- خزاني التغذية و التصريف بسعة 200 L لكل منهما.

الشكل٢: كيفية ترتيب الألواح و الإطارات في المرشح الضاغط.

نتيجة لترتيب الأواح و الإطارات تتكون حجرة ضيقة بين كلزوج من الألواح ، و يسمح للمعلق بالمرور بالإطارات الفارغة من خلال قناة متكونة من الثقوب المتواجدة بين الألواح و الإطارات، و يمر سائل الترشيح خلال القماش ثم ينساب أسفل اسطح الألواح إلى القناة و من ثم نحو خزان التصريف، كما في الشكل ٣ . تبقى الكعكة (Cake) في الإطار و مع الزمن يزداد الضغط نتيجة لتراكمها، فعند حدوث زيادة مفاجئة بالضغط أو توقف خروج السائل من أنبوبة التصريف عليك توقيف العملية و فك الألواح و الإطارات و تنظيفها، و هذه إحدى مساوئ المرشح الضاغط بأن عملية الترشيح متقطعة.

الشكل ٣: مسار كل من مادة التغذية و الكعكة و الراشح.

الأدوات و المواد المستخدمة

١- المرشح الضاغط (Filter Press).
٢- محلول الدياتومايت (Diatomite Solution).

خطوات العمل:

١- املأ خزان التغذية حول 40 L من الماء.
٢- أذب حوالي 30 g من الدياتومايت .
٣- ركب الألواح و الإطارات و أوراق الترشيح في مكانها كما وضح سابقا.
٤- أضبط صمامات السحب و التصريف.
٥- شغل المضخة لتبدأ عملية الترشيح و راقب ساعة الضغط حتى لا يتجاوز الضغط (3 – 4 atm).
٦- أطفئ المضخة في حالة عدم خروج الماء من أنبوبة التصريف أو زيادة الضغط عن الحد المذكور سابقا .
٧- نظف المعدات و الأجهزة المستخدمة.